

## Verfahren zur Analyse von Objekten in der Mikrolithographie

Optische Abbildungssysteme lassen sich vielfach als Übertragungskette beschreiben, deren optisches Übertragungsverhalten durch das Übertragungsverhalten der einzelnen  
5 Glieder beschrieben wird. Das Übertragungsverhalten manifestiert sich im Auflösungsvermögen und wird üblicherweise durch die Punktübertragungsfunktion (engl. PSF: Point Spread Function) bzw. spektral durch die optische Übertragungsfunktion (engl. OTF: Optical Transfer Function) beschrieben [1-4].

Das optische Übertragungsverhalten der einzelnen Glieder ist normalerweise weitgehend  
10 durch die technischen Randbedingungen festgelegt und nur in Grenzen variabel. Andererseits ist für den messtechnischen Einsatz in der Regel ein definiertes Übertragungsverhalten erforderlich. Sind die gegebenen Randbedingungen zu einschränkend, so kann das gewünschte Übertragungsverhalten des Systems nicht mehr im geforderten Maße erreicht werden. Konsequenzen können ein geringerer Kontrast und  
15 ein geringeres Auflösungsvermögen sowie das Auftreten von Abbildungsfehlern sein.

Die grundlegende Anforderung an ein AIMS (Aerial Imaging Measurement System) besteht darin, die OTF eines Photolithographie-Steppers oder -Scanners möglichst gut nachzubilden. Eine Abweichung der OTF führt zu Fehlern in den Messergebnissen und ihrer Bewertung. Üblicherweise wird hier die erste Vergrößerungsstufe so ausgelegt, dass  
20 ihre OTF die Stepper-OTF nachbildet, während das Auflösungsvermögen der nachfolgenden Glieder nach Möglichkeit so hoch gewählt wird, dass die System-OTF nur noch in vernachlässigbarem Maße beeinträchtigt wird. In der Praxis beschränken jedoch die technischen und/oder finanziellen Randbedingungen die erreichbare Übereinstimmung mit der Stepper-OTF.

### 25 Literatur

- [1] M. Born et al. „Principles of Optics“ (Cambridge University Press , 1999)
- [2] J.W. Goodman „Introduction to Fourier Optics“ (McGraw Hill Book Co Ltd, 2000)
- [3] T.L. Williams “The Optical Transfer Function of Imaging Systems”, Publisher: Institute of Physics (1999)
- 30 [4] G.D. Boreman “Modulation Transfer Function in Optical and Electro-Optical Systems” (Tutorial Texts in Optical Engineering Vol. TT52), Publisher: SPIE – The International Society of Optical Engineering (2001)
- [5] H. Naumann, G. Schröder “Bauelemente der Optik” (Carl Hanser Verlag München Wien, 1992)

[6] D. Murata (Hrsg.) "Ein Apparat zur Messung von Übertragungsfunktionen optischer Systeme", Optik 17 (1960)

[7] K.-J. Rosenbruch, K. Rosenhauer "Messung der optischen Übertragungsfunktionen nach Amplitude und Phase mit einem halbautomatischen Analysator", Optik 21 (1964)

5 [8] A. Bigelmaier et al. "Ein Gerät zur Messung der Übertragungsfunktionen und Spaltbilder von Photoobjektiven", Optik 26 (1967/68)

[9] E. Hecht „Optik“ (Oldenbourg Verlag München Wien, 2001)

[10] LaFontaine et al. "Submicron soft X-ray fluorescence imaging" Appl.Phys.Lett. 282 B, 1995.

10 [11] US Patent 5,498,923 03/1996, La Fontaine et al. „Fluoresence Imaging“

[12] US Patent 6,002,740 12/1999, Cerrina et al. „Method and Apparatus for x-ray and extreme ultraviolet inspection of lithography masks and other objects“

### **Erfinderische Lösung:**

15 Das beschriebene Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Ausgangsgrößen des AIMS-Systems (Aerial Images) in einer zusätzlichen Bearbeitungsstufe hinsichtlich des Übertragungsverhaltens so korrigiert werden, dass die korrigierten Ausgangsgrößen der Abbildung eines Photolithographie-Steppers/-Scanners mit der gewünschten System-OTF entspricht.

20 Insbesondere wird der Fall vorausgesetzt,

- dass die Ausgangsgröße ein diskretes oder analoges elektronisches Signal oder ein entsprechender digitaler Datensatz ist (z. B. die Pixelwerte eines CCD-Array-Detektors);

25 • dass das gewünschte Übertragungsverhalten (mit der OTF:  $G_{\text{soll}}$ ) durch mindestens eines der Übertragungsglieder bereits vorgegeben ist;

- dass das Auflösungsvermögen der störenden Glieder (mit der OTF:  $G_{\text{stör}}$ ) höher ist, als jenes des gewünschten korrigierten Systems.

Die Korrektur besteht erfindungsgemäß in einer Filterung der Ausgangsgröße, bei welcher der Anteil der störenden Übertragungsglieder am Übertragungsverhalten kompensiert wird. Mögliche technische Realisierungen:

30

- Elektronische Schaltung (analoges oder diskretes Filter)
- Algorithmische Korrektur mittels Software in einem Digitalrechner ( $\mu\text{C}$ , PC, DSP, etc.)

## Grundprinzip:

Im Folgenden werden ortsraum-abhängige Größen durch Kleinbuchstaben und ihre jeweiligen Fouriertransformierten durch Großbuchstaben gekennzeichnet. Als Beispiel sei hier die PSF (Bezeichnung:  $g(x,y)$ ) und ihre Fouriertransformierte, die OTF (Bezeichnung:  $G(f_x,f_y)$ ), genannt.

Lässt sich das Übertragungsverhalten in hinreichender Näherung durch ein lineares System mit N Gliedern beschreiben, so ergibt sich die OTF des Systems als Produkt der OTFs der einzelnen Übertragungsglieder und die PSF des Systems als Faltungsprodukt der PSFs der einzelnen Glieder. Allgemein gilt, dass die OTF das Spektrum der PSF, also ihre Fouriertransformierte ist. Bei einer zweidimensionalen Abbildung ist die OTF des Systems demgemäß

$$G_{\text{System}}(f_x,f_y) = G_1(f_x,f_y) \cdot G_2(f_x,f_y) \cdot \dots \cdot G_N(f_x,f_y) = G_{\text{Soll}}(f_x,f_y) \cdot G_{\text{Stör}}(f_x,f_y) \quad (1.1)$$

$$\text{d.h. } G_{\text{Stör}}(f_x,f_y) = G_2(f_x,f_y) \cdot \dots \cdot G_N(f_x,f_y)$$

bzw. die PSF des Systems

$$g_{\text{System}}(x,y) = g_1(x,y) * g_2(x,y) * \dots * g_N(x,y) = g_{\text{Soll}}(x,y) * g_{\text{Stör}}(x,y)$$

$$\text{d.h. } g_{\text{Stör}}(x,y) = g_2(x,y) * \dots * g_N(x,y)$$

mit "\*" dem Faltungsoperator. Unter der Voraussetzung, dass

$$G_{\text{Stör}}(f_x,f_y) \neq 0 \quad \text{für alle } (f_x,f_y), \text{ bei denen } G_{\text{Soll}}(f_x,f_y) \neq 0,$$

lässt sich das Korrekturfilter angeben zu

$$G_{\text{Filter}}(f_x,f_y) = [G_{\text{Stör}}(f_x,f_y)]^{-1} \quad \text{für alle } (f_x,f_y) \text{ mit } G_{\text{Stör}}(f_x,f_y) \neq 0, \text{ und}$$

$$G_{\text{Filter}}(f_x,f_y) = c \quad \text{sonst,}$$

mit c einer beliebigen Konstanten. Die Filterung liefert damit theoretisch

$$G_{\text{System}}(f_x,f_y) \cdot G_{\text{Filter}}(f_x,f_y) = G_{\text{Soll}}(f_x,f_y)$$

Die Filterung lässt sich auch als Faltung im Ortsbereich durchführen:

$$g_{\text{System}}(x,y) * g_{\text{Filter}}(x,y) = g_{\text{Soll}}(x,y)$$

mit der Filterfunktion

$$g_{\text{Filter}}(x,y) = \text{FT}^{-1}\{ G_{\text{Filter}}(f_x,f_y) \}.$$

$FT^{-1}\{ \dots \}$  ist die (inverse) Fouriertransformation.

Neben der o. g. Filterfunktion sind auch andere Funktionen denkbar, welche das Gesamtübertragungsverhalten nicht ändern, aber ggf. günstigere Eigenschaften beispielsweise im Hinblick auf Rauschen aufweisen. Beispiel:

5 
$$G_{\text{Filter}}(f_x, f_y) = [G_{\text{Stör}}(f_x, f_y)]^{-1} \quad \text{für alle } (f_x, f_y) \text{ bei denen } G_{\text{Soll}}(f_x, f_y) \cdot G_{\text{Stör}}(f_x, f_y) \neq 0,$$
  
und

$$G_{\text{Filter}}(f_x, f_y) = 0 \quad \text{sonst.}$$

Die dargestellte Vorgehensweise gilt sinngemäß für ein- oder mehr-dimensionale Abbildungen. Außerdem ist prinzipiell denkbar, eine Spektraldarstellung zu wählen, die nicht auf der Fouriertransformation beruht, wie zum Beispiel die Z-Transformation...

10 Bei realen Abbildungssystemen variiert die OTF mehr oder weniger über dem Bildbereich. Derartige Variationen lassen sich näherungsweise dadurch berücksichtigen, dass man für mehrere geeignet gewählte Teilbereiche die entsprechenden Filterfunktionen aufstellt und die Ergebnisse der zugehörigen Filterungen gewichtet überlagert.

### Ausführungsbeispiel:

15 In Abbildung 1 ist schematisch das erfinderische Prinzip dargestellt.

Das Abbildungssystem für ein Objekt, das durch seine Objektintensität  $i_o(x, y)$  charakterisiert ist, besteht aus N Stufen  $G_1 \dots G_N$ , die jeweils durch eine Übertragungsfunktion gekennzeichnet sind.

20 Das entstehende Bild, charakterisiert durch eine Signalverteilung  $s(x, y)$  wird mittels eines Korrekturfilters korrigiert, indem eine Rückfaltung für die Stufen  $G_2 \dots G_N$  des Abbildungssystems erfolgt.

Das Ergebnis ist ein korrigiertes Bild mit einer Bildsignalverteilung  $s_k(x, y)$ .

25 Im Folgenden wird als Ausführungsbeispiel ein System beschrieben (siehe Abb.2) das in zwei Abbildungsstufen aufgeteilt ist, die den Übertragungsfunktionen  $G_1$ ,  $G_2$  in Abb.1 entsprechen.

30 Es ist das Abbildungsprinzip (ohne EUV-Beleuchtungseinheit) eines zweistufigen EUV-VIS-AIMS (Aerial Imaging Measurement System) dargestellt, um eine Maske zur Halbleiterherstellung zu untersuchen. Die Beleuchtung kann über Auflicht, wie hier bei EUV-Beleuchtung, aber auch über Durchlicht erfolgen.

Das Objekt (hier eine Maskenstruktur) wird über ein EUV-Objektiv auf einen Szintillator abgebildet (Zwischenbild), der die EUV-Wellenlänge in sichtbares Licht umwandelt. Über die anschließende VIS-Optik wird das Zwischenbild auf eine CCD-Kamera übertragen.

Darin sind

$i_0(x,y)$ :	Objektintensität
$i_1(x,y)$ :	Ausgangsintensität von Stufe 1 (Zwischenbild)
$s(x,y)$ :	gemessenes Bildsignal (Ausgangsgröße von Stufe 2)

Im Falle des oben genannten AIMS sind

$$G_{\text{AIMS}}(f_x, f_y) = G_{\text{System}}(f_x, f_y) = G_1(f_x, f_y) \cdot G_2(f_x, f_y)$$

mit

$$G_{\text{Soll}}(f_x, f_y) = G_1(f_x, f_y) = G_{\text{Stepper}}(f_x, f_y) \quad (\text{Stufe 1})$$

und

$$G_{\text{Stör}}(f_x, f_y) = G_2(f_x, f_y) \quad (\text{Diese Stufe 2 kann z.B.}$$

zusammengesetzt aus einem Anteil der VIS-Optik und einem Anteil der CCD Kamera sein).

$G_1(f_x, f_y)$  ist die OTF der ersten Vergrößerungsstufe, mit welcher das Übertragungsverhalten eines Steppers nachgebildet wird. Unter  $G_2(f_x, f_y)$  sind die OTF der nachfolgenden Stufen, z. B. Nachvergrößerungsstufe(n), Bildwandlerschichten, CCD-Array-Detektor, etc. zusammengefasst.

Die Abbildung durch Stufe 2 ist durch ein Faltungsprodukt darstellbar:

$$s(x,y) = g_2(x,y) * i_1(x,y)$$

Äquivalent: Das Bildspektrum  $S(f_x, f_y)$  ist als Produkt darstellbar:

$$S(f_x, f_y) = G_2(f_x, f_y) \cdot I_1(f_x, f_y)$$

Darin sind  $g_2(x,y)$  die Impulsantwort und  $G_2(f_x, f_y)$  die Übertragungsfunktion von Stufe 2.

Das Auflösungsvermögen von Stufe 2 ist größer als jenes von Stufe 1.

M.a.W.: Die obere Grenzfrequenz von Stufe 2 ist größer als jene von Stufe 1.

D.h.  $|G_2(f_x, f_y)| > 0$  für alle Punkte  $(f_x, f_y)$  unterhalb der oberen Grenzfrequenz von Stufe 1 (ggf. mit Ausnahme einzelner Punkte  $(f_x, f_y)$ , bei denen  $|G_2(f_x, f_y)| = 0$  (?)).

- 5  $g_2(x, y)$  oder  $G_2(f_x, f_y)$  sind zahlenmäßig hinreichend genau bekannt, sei es durch Messung oder Berechnung auf der Grundlage der Geräteparameter.

Die Intensität  $i_1(x, y)$  soll erfindungsgemäß aus  $s(x, y)$  rekonstruiert werden.

### Beispiele zur Bestimmung der Übertragungsfunktion von Systemen

- 10 • Konkretes rechnerisches Beispiel: Für eine ideale, d. h. abbildungsfehlerfreie, inkohärente Abbildung mit Kreisapertur ergibt sich die Verteilung der Bestrahlungsstärke in der Bildebene  $s(x, y)$  durch Faltung der Bestrahlungsstärkeverteilung in der Objektebene  $i_0(x, y)$  und der normierten Punktverwaschungsfunktion  $g_i$ :

15 
$$g_i(x, y) = \left[ \frac{2 \cdot J_1\left(\frac{\pi \cdot NA \cdot r}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot NA \cdot r}{\lambda}} \right]^2, \text{ mit } r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

(NA: numerische Apertur  $\lambda$ : Wellenlänge  $J_1$ : Besselfunktion erster Ordnung)

Die zugehörige OTF  $G_i$  dieser idealen inkohärenten Abbildung beträgt:

20 
$$G_i(f_x, f_y) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \left[ \arccos\left(\frac{\lambda \cdot \rho}{2NA}\right) - \frac{\lambda \cdot \rho}{2NA} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda \cdot \rho}{2NA}\right)^2} \right] & \text{für } |\rho| \leq 2NA / \lambda \\ 0 & \text{für } |\rho| > 2NA / \lambda \end{cases},$$

mit  $\rho = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

Somit ergibt sich der Korrekturfilter einer idealen inkohärenten Abbildung zu

$$G_{\text{Filter}}(f_x, f_y) = [G_i(f_x, f_y)]^{-1} \text{ für alle } (f_x, f_y) \text{ bei denen } G_i(f_x, f_y) \neq 0, \text{ und}$$

$$G_{\text{Filter}}(f_x, f_y) = 0 \quad \text{sonst.}$$

Abbildungsfehler können z. B. durch Multiplikation der inkohärenten OTF mit einem Phasenterm  $e^{i\phi(f_x, f_y)}$  erfasst werden.

In der Literatur [3-5] sind Berechnungen weiterer Systeme, wie z. B. die ideale inkohärente Abbildung mit Rechteckapertur, Bildwandlerschichten, CCD-Kamera-Arrays, Multichannel-Plates usw. bekannt.

- Zur Messung der Übertragungsfunktion wurden verschiedene Verfahren entwickelt, siehe z. B. [3-8]. Es ist zu beachten, dass die Übertragungsfunktion eines Systems oder Teilsystems z. B. von der Wellenlänge und der numerischen Apertur abhängt. Es kann entweder die Übertragungsfunktion für alle verwendeten Systemeinstellung gemessen werden oder die gemessene Übertragungsfunktion einer (oder weniger) Systemeinstellung(en) auf die anderen Systemeinstellungen extrapoliert werden.

**Lösung:** Kompensation der Impulsantwort  $g_2(x,y)$

- Mathematische Realisierung:

– Kompensation im Spektralbereich:

1. Fouriertransformation:  $S(f_x, f_y) = F \{ s(x, y) \}$
2. Division durch  $G_2(f_x, f_y)$ :  $S'(f_x, f_y) = S(f_x, f_y) / G_2(f_x, f_y)$
3. Rücktransformation:  $s_k(x, y) = F^{-1} \{ S'(f_x, f_y) \}$

Eine Entfaltung im Ortsbereich ist durch einen iterativen Algorithmus ebenfalls möglich.

- Bei Berücksichtigung einer Vergrößerung  $M$  bei Stufe 2 verändern sich die Koordinatenwerte  $i_1$  in  $i_1'$

$$i_2(x, y) = g_2(x, y) * i_1'(x, y), \quad \text{mit } i_1'(x, y) = i_1(x/M, y/M)$$

bzw.

$$i_2(f_x, f_y) = G_2(f_x, f_y) \cdot I_1'(f_x, f_y), \quad \text{mit } I_1'(f_x, f_y) = |M| \cdot I_1(M \cdot f_x, M \cdot f_y)$$

(Fouriertransformation)

- Stufe 2 ist i. a. selbst als ein zusammengesetztes System anzusehen.
- Stufe 2 muss nicht notwendigerweise ein wellenoptisches Teilsystem enthalten. Im einfachsten Fall besteht sie nur aus dem Detektor (CCD-Array o.ä.).

- Die Abbildung durch Stufe 2 verhält sich mathematisch analog zu einer inkohärenten optischen Abbildung, bei der die Ausgangsintensität durch Faltung der Eingangsintensität mit der PSF entsteht.

5 **Beispiel:** Kompensation der Impulsantwort  $g_2(x,y)$  durch Korrektur mit einem berechneten Filter (siehe Abbildungen 3-5)

- Abbildung 3 zeigt den berechneten Querschnitt einer Objektstruktur-Intensität  $i_0(x,y)$  (3 Linien einer Breite in nm und Abstand in nm) als Funktion des Ortes, sowie die zugehörigen Bildintensitäten der ersten Abbildungsstufe  $i_1(x,y)$ , des Gesamtsystems  $s(x,y)$  und des korrigierten Systems  $s_k(x,y)$ , wobei folgende Abbildungsparameter verwendet wurden: Wellenlänge, numerische Apertur, Sigma. Für das Störglied (zweite Abbildungsstufe) wurde ein ideales VIS-Objektiv angenommen. In Abbildung 4 ist deutlich zu erkennen, dass die Intensitäten der ersten Abbildungsstufe (Soll) sehr gut mit den Intensitäten des korrigierten Systems übereinstimmen.

10



- 15
- Abbildung 4 zeigt die zu Abbildung 4 zugehörigen Betragsspektren der OTF der ersten Abbildungsstufe  $G_1(f_x, f_y)$ , der zweiten Abbildungsstufe  $G_2(f_x, f_y)$ , des Gesamtsystems  $G_{AIMS}(f_x, f_y) = G_1(f_x, f_y) \cdot G_2(f_x, f_y)$  und des korrigierten Systems  $G_k(f_x, f_y)$ . Auch hier ist deutlich zu erkennen, dass das Betragsspektrum der OTF der ersten Abbildungsstufe (Soll) sehr gut mit dem des korrigierten Systems übereinstimmt.

- 20
- Abbildung 5 zeigt das zu Abbildungen 4+5 zugehörige Betragsspektrum des Korrekturfilters  $G_{Filter}(f_x, f_y) = 1/G_2(f_x, f_y)$ .

### **Vorteile der Erfindung:**

1.) Geringeres Auflösungsvermögen für nachfolgende Störglieder ausreichend, z. B.

- kleinere numerische Apertur der VIS-Optik des obengenannten Ausführungsbeispiels oder
- größere Wellenlänge der VIS-Optik des obengenannten Ausführungsbeispiels ausreichend
- Bei der EUV-/VIS-Lösung ist keine Indexanpassung zwischen Szintillator und VIS-Optik (vgl. auch [10+11]) nötig um mittels AIMS die Stepper-Abbildung zu emulieren.

25

30

2.) Technisch einfacher zu realisieren und damit preisgünstiger



- 3.) CCD mit größeren Pixeln oder Binning verwendbar => bei kürzerer Zeit geringeres Rauschen => höherer Durchsatz durch kürzere Belichtungszeit
- 4.) Gesamtvergrößerung geringer wählbar => höherer Durchsatz durch größeres Bildfeld

5



15

20



## Patentansprüche:

1.

Verfahren zur Analyse von Objekten in der Mikrolithographie, vorzugsweise von Masken, mittels eines Aerial Image Measurement Systems (AIMS), das aus mindestens zwei Abbildungsstufen besteht, wobei das detektierte Bild mittels eines Korrekturfilters bezüglich des Übertragungsverhaltens der zweiten oder weiterer Abbildungsstufen korrigiert wird.

2.

Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Beleuchtung des Objekts in Auf und/ oder Durchlicht erfolgt.

3.

Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Korrektur derart erfolgt, dass die korrigierten Ausgangsgrößen der Abbildung eines Photolithographie-Steppers oder Scanners entspricht.

4.

Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Korrektur durch eine Rückfaltung erfolgt.

5.

Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei für die Korrektur gemessene Korrekturwerte herangezogen werden.

6.

Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei für die Korrektur errechnete Korrekturwerte herangezogen werden.

7.

Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Korrektur über eine elektronische Schaltung mittels eines analogen oder digitalen Filters oder eine algorithmische Korrektur mittels Software in einem Digitalrechner erfolgt.

8.

AIMS-System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit mindestens folgenden Bestandteilen:

a) eine erste Abbildungsstufe bestehend aus:

- EUV-Abbildungsoptik mit Spiegeln, insbesondere *Schwarzschildobjektiv*,  
*insbesondere sphärisch oder asphärisch*

und/ oder

5 EUV-Abbildungsoptik mit Zonenplatten

und/ oder

X-Ray-Abbildungsoptik mit Spiegeln insbesondere *Schwarzschildobjektiv* ,  
*insbesondere sphärisch oder asphärisch*

und/ oder

10 X-Ray-Abbildungsoptik mit Zonenplatten

und/ oder

UV-Abbildungsoptik mit diffraktiver Optik (Linsen, Strahlteiler, Prismen, Gitter...)

Sowie

b) mindestens eine zweite Abbildungsstufe, bestehend aus

15 UV-Abbildungsoptiken mit diffraktiver Optik (Linsen, Strahlteiler, Prismen, Gitter...)

und/ oder

VIS-Abbildungsoptiken mit diffraktiver Optik (Linsen, Strahlteiler, Prismen, Gitter...)

und/ oder

Elektronenmikroskop (Photoelektronenmikroskop PEEM)

und/ oder

Bildwandler bestehend aus

EUV/VIS-Szintillator

und/ oder

EUV/UV-Szintillator

25 und/ oder

X-Ray/VIS-Szintillator

und/ oder

X-Ray/UV-Szintillator

und/ oder

UV/VIS-Szintillator

und/ oder

Photokathode: Umwandlung von Photonen (X-Ray, EUV, UV) in Elektronen

5

und/ oder

Faseroptik

und/ oder

Kamera

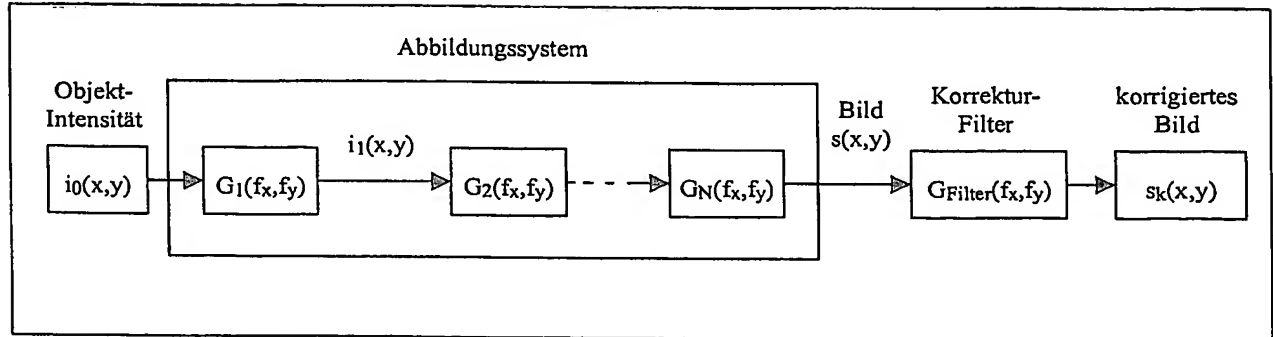
und/ oder

Mikrolinsenarray auf Kamera oder Szintillator

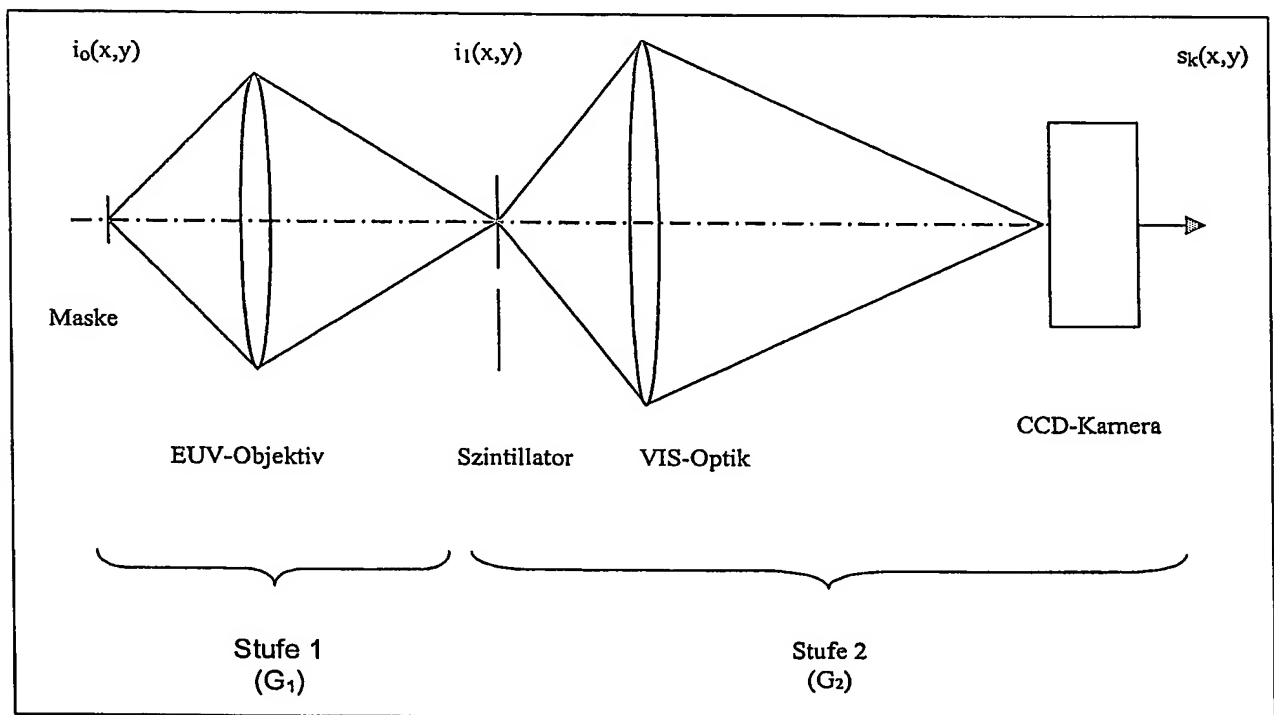
und/ oder

Verstärkerelementen (Multichannelplate)

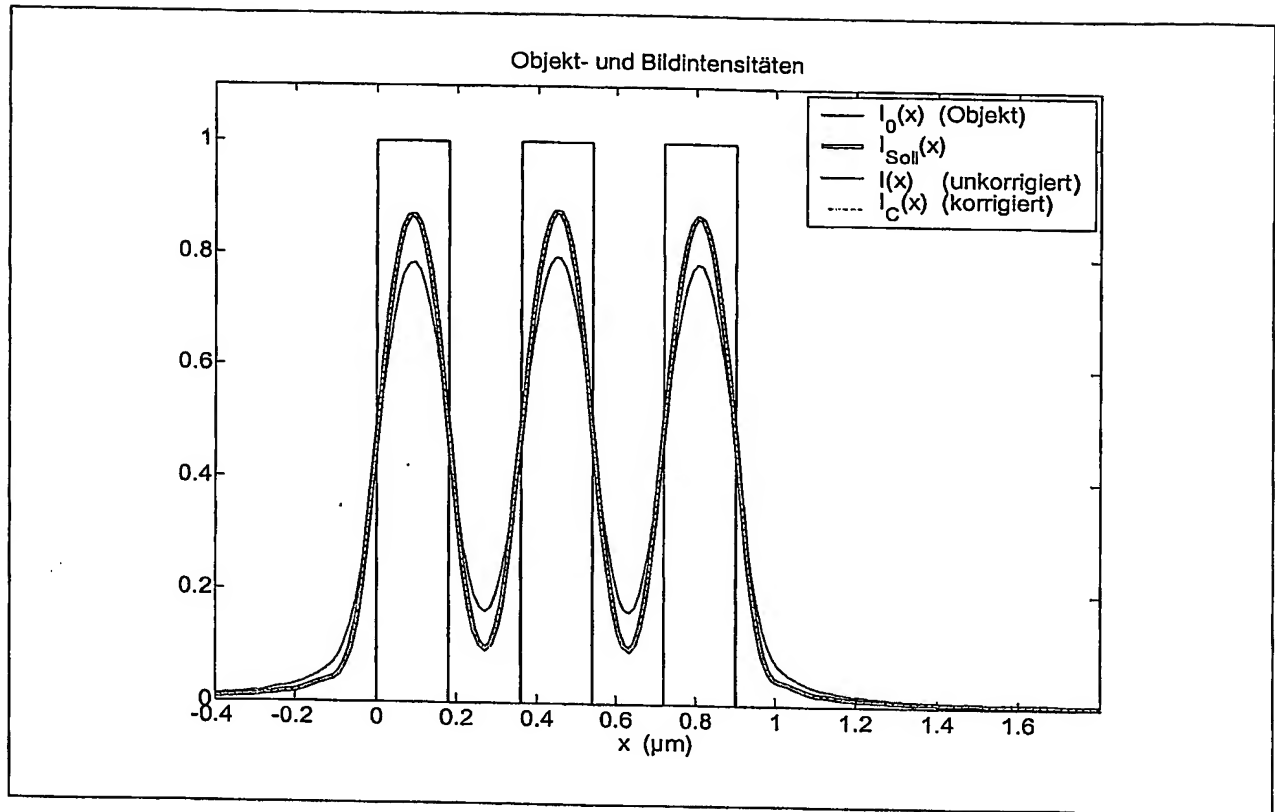
15



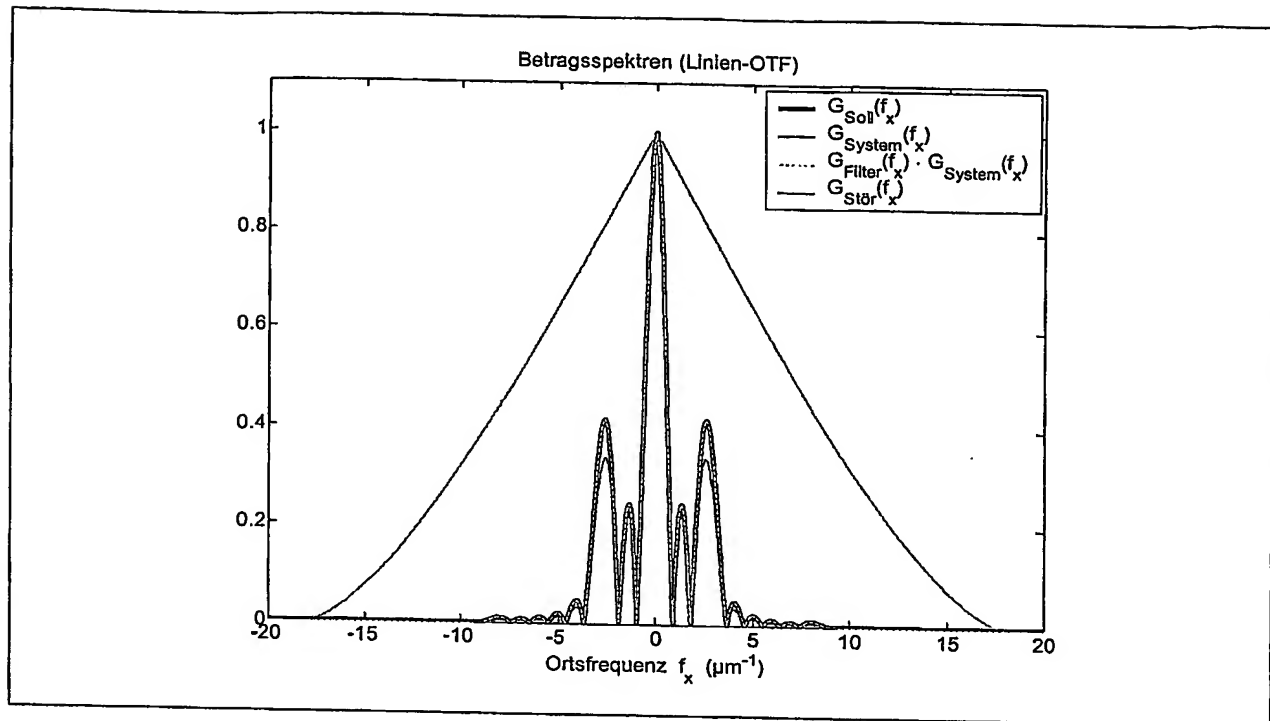
Abbildungung 1: Skizze des Grundprinzips



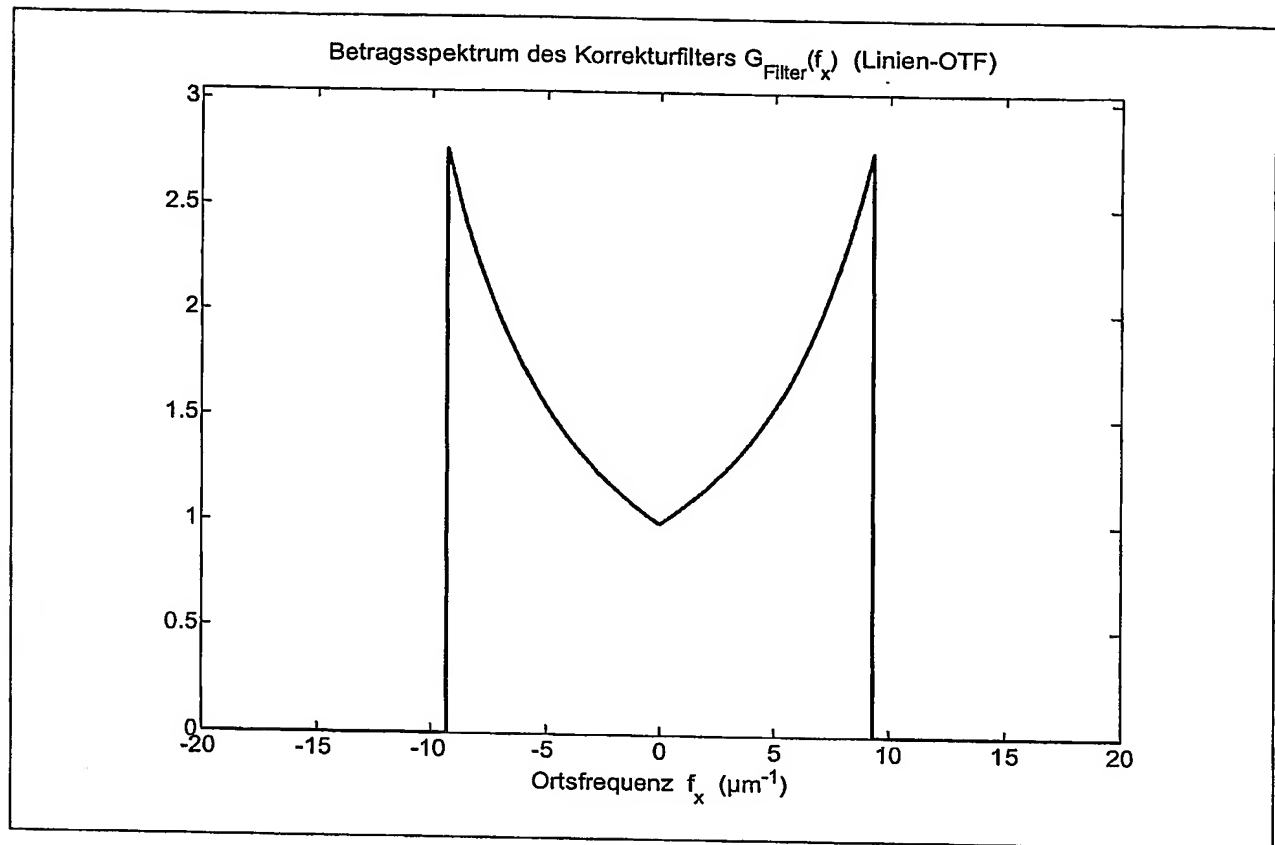
Abbildungung 2: Prinzipskizze des Ausführungsbeispiels EUV-VIS-AMS (Abbildungseinheit – ohne Beleuchtung)



**Abbildung 3:** Querschnitt einer Objektstruktur-Intensität  $i_0(x,y)$  als Funktion des Ortes, sowie die zugehörigen Bildintensitäten der ersten Abbildungsstufe  $i_1(x,y)$ , des Gesamtsystems  $s(x,y)$  und des korrigierten Systems  $s_k(x,y)$



**Abbildung 4:** Zu Abbildung 3 zugehörige Betragsspektren der OTF der ersten Abbildungsstufe  $G_1(f_x, f_y)$ , der zweiten Abbildungsstufe  $G_2(f_x, f_y)$ , des Gesamtsystems  $G_{AIMS}(f_x, f_y) = G_1(f_x, f_y) \circ G_2(f_x, f_y)$  und des korrigierten Systems  $G_k(f_x, f_y)$ .



**Abbildung 5:** Zu Abbildungen 3+4 zugehöriges Betragsspektrum des Korrekturfilters  
 $G_{\text{Filter}}(f_x, f_y) = 1/G_2(f_x, f_y)$



## **Zusammenfassung**

Verfahren zur Analyse von Objekten in der Mikrolithographie, vorzugsweise von Masken, mittels eines Aerial Image Measurement Systems (AIMS), das aus mindestens zwei Abbildungsstufen besteht, wobei das detektierte Bild mittels eines Korrekturfilters bezüglich des Übertragungsverhaltens der zweiten oder weiterer Abbildungsstufen korrigiert wird und die Beleuchtung des Objekts in Auf und/ oder Durchlicht erfolgt, wobei die Korrektur derart erfolgt, daß die korrigierten Ausgangsgrößen der Abbildung eines Photolithographie-Steppers oder Scanners entsprechen, wobei die Korrektur durch eine Rückfaltung erfolgt und für die Korrektur gemessene oder errechnete Korrekturwerte herangezogen werden.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**